

# PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET  
Patentavdelningen

Rec'd PCT/PTO 14 DEC 2002

PCT/ SE 03 / 0 0 3 9 2

10/518318

REC'D 26 MAR 2003

WIPO PCT

## Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande                      Telia AB, Farsta SE  
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer    0200826-6  
Patent application number

(86) Ingivningsdatum                      2002-03-19  
Date of filing

Stockholm, 2003-03-12

För Patent- och registreringsverket  
For the Patent- and Registration Office

*Lina Oljeqvist*  
Lina Oljeqvist

Avgift  
Fee

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH  
REGISTRERINGSVERKET  
SWEDEN

Postadress/Adress  
Box 5055  
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone  
+46 8 782 25 00  
Vx 08-782 25 00

Telex  
17978  
PATOREG S

Telefax  
+46 8 666 02 86  
08-666 02 86

## Metod och arrangemang i ett kommunikationssystem

5

### Tekniskt område

Föreliggande uppfinning avser en metod, ett system och programvara för att planera och konfigurera mobiltelefonisystem. Mer specifikt avses en metod, ett system  
10 och programvara för att effektivt bestämma pilotkanalens uteffekt i olika celler i ett cellulärt mobiltelefonisystem.

### Teknikens ståndpunkt

Inom alla mobil radiokommunikationssystem är frekvenstillgången en begränsande faktor. Varje operatör har  
15 en eller flera delar av radiospektrat tilldelat sig och måste optimera användandet av frekvenser för att kunna erbjuda hög kapacitet, hög kvalitet och med de nya mobiltelefonisystem som för närvarande implementeras även flexibilitet avseende överföringshastighet och typ av överföring. Inom TDMA-baserade  
20 (Time Division Multiple Access) nätverk som till exempel det globalt spridda GSM-systemet och det i nord och sydamerika vanliga TIA/EIA-136 (TDMA), är det främst frekvensplaneringen som är, och har varit, föremål för optimering.

Kommunikationssystem baserade på CDMA-teknik (Code Division  
25 Multiple Access), till exempel UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) och IS-95, är till sin natur interferensbegränsade. I sådana system är det av största vikt att radionätet planeras för att ge ett optimalt, eller nära optimalt, utnyttjande av det tilldelade frekvensområdet.  
30 Centralt för radionätets planerande i CDMA-baserade system är den så kallade pilotkanalen (CPICH). Pilotkanalen används av

mobilterminalen för att söka bästa cell då mobilterminalen slås på, samt för att med kontinuerliga mätningar avgöra vilken cell som för tillfället erbjuder den bästa kommunikationsmöjligheten, vilket ligger till grund för beslut om cellbyte. Under kommunikation används mätningar på pilotkanalen som underlag för beslut om byte till annan cell (handover). Av mobilterminalen mottagen signalstyrka vid en given punkt inom en cell bestäms av pilotkanalens uteffekt i kombination med radiomiljön, det vill säga bland annat fädning, skuggning och interferens. Pilotkanalens uteffekt blir därmed ett sätt att definiera cellens trafikupptagningsområde, eller med andra ord cellens täckning. Även systemets kapacitet påverkas av pilotkanalernas uteffekt, då den totalt emitterade uteffekten inom ett område styr tillgänglig kapacitet. Pilotkanalernas beskrivs närmare i UMTS-dokumentet TS25.211.

I de flesta existerande system har hitintills pilotkanalsplaneringen, liksom frekvensplanering för TDMA-baserade system, företrädesvis utförts manuellt. Ofta tillämpas en "trial-error"-metod där de olika uteffekterna för pilotkanalerna bestäms manuellt antingen utifrån mätningar eller förväntat beteende hos radionätet. Därefter testas normalt pilotkanalsplanen med ett simuleringsverktyg för att se om önskad effekt uppnås. Oftast krävs ett flertal omplaneringar och simuleringar för att nå ett bra resultat. Trial-error-metoderna är tidskrävande och måste utföras av specialiserad och kunnig personal för att ge optimerade system. På grund av detta är många driftsatta radionät ej optimerade.

Behovet av att kunna optimera radionät med metoder som är möjliga att automatisera är således stort. I US patent 5,859,839 av M. T. Ahlenius et al. beskrivs en metod för att

automatiskt välja effekt för pilotkanaler. För det radionät som ska optimeras bestäms i ett antal punkter ett antal olika värden som avser att beskriva systemet. Värden kan exempelvis vara interferens, handoff-värde, effekt, trafiklast och

- 5 viktning med avseende på till exempel typ av kommunikation. Värdena samlas i olika "nät" (meshes) för att kunna evalueras och ge en bild av radionätets prestanda. Optimering utförs enligt principerna för simulerad annealing, men andra optimeringsalgoritmer omnämns, till exempel genetiska. Vid
- 10 optimeringen varierar vissa av pilotkanalernas uteffekter och "näten" utvärderas för att se om en prestandaförbättring åstadkommit. Utvärderingen av "näten" (meshes) och sammanvägningen av deras betydelse för radionätets prestanda kan vara en omfattande och tidskrävande process. I dokumentet
- 15 framgår ej hur ett entydigt måttal för radionätets prestanda ska beräknas och det är därför önskvärt att finna andra metoder för att tidseffektivt beskriva radionätets prestanda.

Patentansökan EP 1028543 av D. Di Huo beskriver en metod för nedlänks effektstyrning som bland annat kan användas för

- 20 pilotkanalsplanering. Brusnivå och vågutbredning mäts vid ett antal punkter i radionätet och uteffekten i nedlänk kalibreras för att tillgodose ett fördefinierat målvärde. Målvärdet är här ett fördefinierat värde, ett börvärde, och representerar inte nödvändigtvis ett för systemet som helhet optimalt
- 25 tillstånd.

#### **Sammanfattning av uppfinningen**

Syftet med föreliggande uppfinning är att minska ovanstående problem med att åstadkomma en effektivt pilotkanalsplanering i

- 30 ett för CDMA-baserat cellulärt mobiltelefonisystem.

Detta uppnås med en metod och en programvaruprodukt beskriven i de kännetecknande delarna av de oberoende patentkraven

5 Tack vare att metoden enligt uppfinningen utnyttjar en målfunktion, som beskriver prestandan hos det cellulära radionätet, innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term, kan pilotkanalernas uteffekt konfigureras så att kapaciteten optimeras samtidigt som t ckningskrav tillgodoses.

10 En fördel med föreliggande uppfinning är att målfunktionen ej behöver simuleras utan kan beräknas, vilket avsevärt minskar behovet av processorkraft och tid.

En ytterligare fördel med föreliggande uppfinning är att inget enskilt verifieringssteg innefattande simulering behöver utföras för att få ett mått på systemets prestanda.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000

**Kortfattad figurbeskrivning**

Figur 1a-b visar ett cellulärt mobiltelefonisystem i vilket föreliggande uppfinning kan utnyttjas,

- 5 Figur 2 visar ett flödesschema för pilotkanalsplanering enligt föreliggande uppfinning;

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
0

### Beskrivning av utföringsformer

Figur 1a är en schematisk bild över ett cellulärt

mobiltelefonnät av den typ i vilket föreliggande uppfinning kan utnyttjas. I figuren avbildas ett antal hexagonala celler

5 100, med en basstation 110 placerad centralt i varje.

Avbildningen ska ses som en idealiserad bild av ett cellulärt

nät. I ett reellt nät varierar cellernas storlek och form

kraftigt bland annat på grund av topografiska skäl, men också

för att kunna erbjuda högre kapacitet och olika grad av

10 service i olika områden. I nät baserade på CDMA (Code Division

Multiple Access) och W-CDMA (Wideband-CDMA), såsom nät enligt

standarden UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

definieras en cells storlek av den så kallade pilotkanalen, i

standarden benämnd CPICH. Detta sker genom att en

15 mobilterminal, exemplifierad med mobilterminal 120 i figur 1,

kontinuerligt mäter vilken cell som ger den bästa

kommunikationsmöjligheten. Bedömningen baseras på RSCP

(received signal code power). Den mottagna signalstyrkan,

RSCP, beror på den utsända signalstyrkan hos pilotkanalen,

20 mobilterminalens position i förhållande till basstationen,

och radiovågornas utbredning (dämpning). Den utsända

pilotkanalens signalstyrka kan således användas för att avgöra

cellernas trafikupptagningsområde, det vill säga cellernas

storlek. Pilotkanalernas uteffekt från basstation nummer  $n$

25 betecknas  $P_n^{CPICH}$  (i figur 1 exemplifierat med  $P_1^{CPICH}$ ,  $P_2^{CPICH}$  och

$P_3^{CPICH}$ ). Varje basstation har vidare en maximalt tillgänglig

total uteffekt betecknad,  $P_{n,max}$ , ( $P_{1,max}$ ,  $P_{2,max}$ , och  $P_{3,max}$ ). Ofta

finns dessutom en av licensgivande myndigheter undre gräns

stipulerad vilken pilotsignalens RSCP inte får understiga. I

30 till exempel Sverige har denna gräns av Post- och

Telestyrelsen, PTS, satts till 58 dBμV/m för minst 95% av ytan.

Benämningen  $P_{1\mu V}$  används för den önskade signalnivån för

pilotkanalen och  $P_{target}$  för den önskade ytsannolikheten. Gränsvärden som detta i kombination med definieringen av trafikupptagningsområdet i samspel med övriga celler och tillgodoseendet av kapacitet och kvalitetskrav i olika delar av nätet är grundparametrar för pilotkanalsplaneringen.

De olika pilotkanalernas uteffekter,  $P_n^{CPICH}$ , liksom en rad andra parametrar och all samtalskontroll bestäms via en (eller flera) radionätkontroller (Radio Network Controller, RNC) 130, vilken alla basstationer 110 är i förbindelser med.

- 10 Pilotkanalskonfigurering utföres normalt vid driftssättning av ett nytt nät, eller då delar av nätet förändrats, till exempel då nya basstationer (nya celler) installerats. Vidare kan det vara lämpligt att utföra en omkonfigurering av pilotkanalerna om inte nätet uppvisar den prestanda som förväntats eller för att ta hänsyn till förändrade omständigheter i radiomiljön.
- 15 Det är också möjligt att dynamiskt pilotkanalskonfigurera för att bättre följa skiftningar i trafiklast under till exempel en dag.

- 20 Figur 2 visar ett flödesschema för de huvudsakliga stegen i metoden för pilotkanalsplanering enligt föreliggande uppfinning. En matematisk beskrivning av vissa för genomförandet väsentliga delar kommer att ges nedan. I denna utföringsform antas att följande är känt om radionätet: a) Basstationernas placering är fix och känd, b) Vågutbredningen är känd, eller kan beräknas med god noggrannhet med hjälp av för fackmannen välkända metoder, c) Trafikens fördelning över ytan är känd eller kan beräknas eller approximeras. Centralt för metoden är definierandet och beräknandet av en målfunktion  $F_{III}$ , som ska uttrycka radionätets prestanda med ett måtetal.
- 30 Målfunktionen måste på ett korrekt sätt beskriva inverkan från pilotkanalernas effekter på radionätet ur alla relevanta



aspekter. Dessutom måste målfunktionen vara möjlig att beräkna på ett tidseffektivt sätt. Pilotplaneringsmetoden innefattar stegen:

205. Radionätet, eller den del av radionätet, som ska  
 5 uteffektkonfigureras, delas in i mindre områden. Områdena  
 bör vara så små att varken mottagen signalstyrka eller  
 trafikfördelning varierar nämnvärt inom området. I de  
 följande beräkningarna och optimeringen antas konstant  
 mottagen signalstyrka och konstant trafikfördelning inom  
 10 områdena. Antalet områden betecknas  $M$ , och varje område  $O_p$ ,  
 ( $p=1\dots M$ ). I figur 1b visas schematiskt hur en del av ett  
 radionät kan delas in i mindre områden  $O_p$ . I figur 1b  
 avbildas en regelbunden, likformig och med identiskt stora  
 delområden,  $O_p$ , uppdelning av radionätet. En sådan typ av  
 15 uppdelning är enkel att utföra, men i vissa tillämpningar  
 kan det vara fördelaktigt med en oregelbunden och/eller ej  
 likformig uppdelning. Till exempel kan kunskap om  
 topografin, geografin eller förväntad trafikintensitet  
 indikera att det är lämpligt med en finare indelning i  
 20 vissa delar av radionätet än i andra.

210. I ett andra steg beräknas dämpningen av pilotkanalens  
 radiosignal mellan basstationen  $n$  och området  $O_p$  (där  $n$  kan  
 vara vilken som helst av basstationerna inom området som  
 ska planeras) enligt för fackmannen kända metoder för  
 25 vågutbredning. Dämpningen betecknas  $\lambda_p^n$ .

215. I ett tredje steg antas att medelantalet aktiva  
 användare inom  $O_p$  av tjänst nummer  $s$  (där  $s = 1$  kan betyda  
 taltjänsten,  $s = 2$  streaming o.s.v.) är känt och lika med  
 $\rho_p^s$ .

220. I ett följande steg ges initiala värden till pilotkanaleffekten,  $P_n^{CPICH}$ . Dessa kan exempelvis, dock ej nödvändigtvis, väljas lika för alla basstationer och med tillräckligt hög nivå för att nå täckningskravet.

5 225. I detta steg beräknas målfunktionen enligt:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{max,n}} \left( F_{cov} + \sum_n W_n^{III} (P_{max,n} - P_n^{TOT}) \right) \quad (1)$$

$$\text{där } W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{TOT} \leq P_{max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{och} \quad F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } P_{cov} \geq P_{target} \\ 100(P_{cov} - P_{target})/k_{cov} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Målfunktionen enligt denna utföringsform har två huvudsakliga termer som tillser att målfunktionen uppfyller de krav som tidigare beskrivits. Dessa termer är en täckningsrelaterad term,  $F_{cov}$ , som ser till att täckningskravet blir uppfyllt och den resterande termen, som är relaterad till kapacitet och kvalitet. Täckningstermen bestraffar nät som har för låg täckningsgrad med vikten  $k_{cov}$  för varje procent täckningen ligger under målet. Kapacitetstermen består i princip av medelvärdet av den kvarvarande effektmarginal (i W) som finns i cellerna. Detta gäller dock endast då ingen cell överskrider sin maximala uteffekt. Om detta sker bestraffas detta med vikten  $k_w$  för varje överstigande W. Vikterna är fria parametrar som normalt anges under nyttjandet av metoden. De ingående termerna kommer att definieras och de nödvändiga matematiska operationerna kommer att beskrivas nedan.

25 230. I ett optimeringssteg optimeras målfunktionen med avseende på pilotkanalernas uteffekter,  $P_n^{CPICH}$ . Optimeringen kan exempelvis bygga på att pilotkanalernas uteffekter modifieras och målfunktionen beräknas enligt steg 225. Företrädesvis används en genetisk algoritm (beskrivs nedan)

för optimeringen, men även andra metoder som till exempel simulerad annealing eller evolutionsmetoder kan användas.

235. I ett avslutande steg överförs de nya värdena,  $P_e^{CPICH}$ , för pilotkanalsuteffekten till respektive basstation via RNC:n 130.

### Matematisk beskrivning av målfunktionen

Målfunktionen enligt föreliggande uppfinning och som beräknas i steg 225 ges av:

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left( F_{\text{cov}} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{\text{TOT}}) \right) \quad (1)$$

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{\text{TOT}} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

10

där

$$F_{\text{cov}} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{\text{cov}} \geq p_{\text{target}} \\ 100(p_{\text{cov}} - p_{\text{target}})k_{\text{cov}} & \end{cases}$$

$p_{\text{cov}}$  är den erhållna ytsannolikheten och de totala uteffekterna  $P_n^{\text{TOT}}$  ges av matrisekvationen

$$15 \quad \bar{P}^{\text{TOT}} = (I - \bar{\Omega})^{-1} \bar{\Lambda} \quad (2)$$

där

$$\bar{P}^{\text{TOT}} = \begin{pmatrix} P_1^{\text{TOT}} \\ P_2^{\text{TOT}} \\ \vdots \\ P_N^{\text{TOT}} \end{pmatrix}, \quad \bar{\Lambda} = \begin{pmatrix} \Lambda_1 \\ \Lambda_2 \\ \vdots \\ \Lambda_N \end{pmatrix} \quad \text{och} \quad \Omega_{nm} = \sum_{p \in Q_n} x_p \omega_{pm} \quad (3)$$

$Q_n$  betecknar täckningsområdet för cell nummer  $i$ , alltså mängden

$$20 \quad Q_n = \left\{ p; \frac{P_n^{CPICH}}{\lambda_p^n} > \frac{P_m^{CPICH}}{\lambda_p^m} \quad \forall m \neq n \right\} \quad (4)$$

och  $b(p)$  betecknar den betjänande cellen för området  $p$ . Om

$p \in Q_n$  så gäller  $n = b(p)$ .

$\Lambda_n$  betecknar det lastviktade medelvärdet av vågutbredningsdämpningarna för cell nummer  $n$ ,

$$\Lambda_n = \sum_{p \in Q_n} x_p N_p$$

$$5 \quad N_p = N_0 \lambda_{b(p)}^p + \sum_{n=1}^N (P_n^{CPICH} + P_n^{common}) \omega_{pn} \quad (5)$$

$$\omega_{pn} = \frac{\lambda_{b(p)}^p}{\lambda_n^p} \quad (n \neq b(p)); \quad \omega_{pb(p)} \equiv (1-\alpha).$$

där  $P_n^{common}$  är uteffekten för "common control" kanalerna i cell nummer  $n$ . Dessa sätts med en konstant offset,  $D$  (i dB), relativt pilotkanalens uteffekt.

$$P_n^{common} = 10^{D/10} P_n^{CPICH}$$

- 10 Vidare så betecknar  $N_0$  bruseffekten inom bandbredden,  $N$  antalet celler och slutligen så betecknas lastbidraget från område  $p$  med  $x_p$ :

$$x_p = \sum_s \rho_p' \frac{(1-\alpha) R_s \gamma_s}{W + (1-\alpha) R_s \gamma_s} \quad (6)$$

I detta uttryck står  $R_s$  för datatakten för tjänst nummer  $s$  och  $\gamma_s$  för Signal/Brus-kravet ( $E_b/N_0$ ) (egentligen bitenergi över bruseffekttäthet) för tjänst nummer  $s$ .

Fria parametrar som sätts under utnyttjandet av metoden för pilotkanalsplanering är  $k_{cov}$ ,  $k_W$  och  $D$ . Lämpliga värden på dessa parametrar ges i exemplen nedan.  $k_{cov}$  väljs företrädesvis så att  $F_{cov}$  alltid blir större än kapacitetstermen.  $k_W$  bör företrädesvis inte väljas så litet att systemet väljer att ge

en enskild cell för hög uteffekt ("spärr") för att på så sätt kunna ge högre kapacitet i andra celler. Samtidigt bör  $k_w$  väljas så att storleksförhållandet mellan  $F_{cov}$  och kapacitetstermen bevaras.

- 5 Det bör noteras att den här föreslagna målfunktionen kan beräknas och ej behöver simuleras fram, vilket är vanligt i den kända tekniken. Att målfunktionen kan beräknas innebär stora tidsvinster. Ytterligare tidsvinst fås genom omformuleringen av problemet, som ges av ekvation (2).
- 10 Ekvation (2) innebär att det krävs en matrisinvertering för att bestämma de totala uteffekterna. Den matris som ska inverteras,  $1-\Omega$ , är en  $N \times N$  matris (där  $N$  är antalet celler), vilket i alla normala fall är en relativt snabbt utförd operation. Utan omformuleringen måste istället en matris av storleken  $M \times M$  inverteras ( $M$  är antalet små områden,  $O_p$ ).
- 15 Tidsvinsten tack vare denna omformulering är omfattande, då tiden som krävs för en matrisinvertering är proportionell mot kuben av antalet kolumner (eller rader) som matrisen har. Typiskt så är  $N$  av storleksordningen  $10^2$  medan  $M$  ungefär  $10^4$ .
- 20 Tidsvinsten rör sig alltså om ungefär en miljon,  $10^6$ , gånger.

#### Alternativa formuleringar av målfunktionen

Målfunktionen kan, vilket torde vara uppenbart för fackmannen, formuleras på en mängd olika sätt och ändå inrymmas inom ramen för föreliggande uppfinning. Ett antal sådana alternativ beskrivs nedan. I de nedan beskrivna utföringsformerna är det i huvudsak enbart målfunktionens utformning som varieras, det vill säga steg 225. De föregående initieringsstegen liksom de efterföljande optimeringsstegen utföres väsentligen på samma sätt som tidigare.

- 5 I en första alternativ utföringsform är målfunktionen ämnad att ge full täckning och samtidigt maximera medelvärdet av effektmarginalen (i dB) mellan den totalt tillgängliga uteffekten CPICH-uteffekten för alla celler. Trafiklastens fördelningen beaktas inte. Målfunktionen,  $F_I$ , ges av:

$$F_I = \frac{1}{N_{cells}} \left( F_{cov} + \sum_n W_n^I (10 \log P_{max,n}^{CPICH} - 10 \log P_n^{CPICH}) \right) \quad (7)$$

$$W_n^I = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{CPICH} \leq P_{max,n}^{CPICH} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

Alternativt kan istället absoluta effektmarginalen (i mW) utnyttja, vilket ger uttrycket för målfunktionen  $F_{II}$ :

$$F_{II} = \frac{1}{N_{cells}} \left( F_{cov} + \sum_n W_n^I (P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}) \right) \quad (8)$$

- 10 I de följande målfunktionerna beaktas även trafiklastens fördelning.  $F_{III}$  beskrevs i detalj ovan. Målfunktionen  $F_{IV}$  erbjuder ett alternativt sätt att betrakta trafiklasten. De totala uteffekterna  $P_n^{TOT}$  respektive de maximalt tillgängliga uteffekterna  $P_{n,max}$ , kan approximativt beskrivas enligt:

$$15 \quad \begin{aligned} 10 \log P_{max,n} &= konst. - 10 \log(1 - X_{max,n}) \\ 10 \log P_n^{TOT} &= konst. - 10 \log(1 - X_n) \end{aligned}$$

där konstanten innefattar alla lastoberoende termer. Maximala lasten respektive aktuell last per cell ges av  $X_{max,n}$  respektive  $X_n$ . Används ekvationerna ovan för att ge ett mått på lastmarginalen,  $X_M = X_{max,n} - X_n$  per cell fås uttrycket:

$$20 \quad X_{M,n} = X_{max,n} - X_n \Rightarrow X_{M,n} = (1 - X_n) \left( 1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$$

och målfunktionen kan formuleras som medellastmarginalen för alla celler:

$$F_{IV} = \frac{100}{N_{cells}} \left( F_{cov} + \sum_n (1 - X_n) \left( 1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right) \quad (9)$$

- 5 Målfunktionen  $F_{IV}$  kan utökas till att även ta hänsyn till trafiklasten genom att varje term i summeringen viktas med den lastbeskrivande faktorn  $1/(1-X_n)$ . Celler med en trafiklast överskridande 100% diskrimineras med en viktsfaktor  $k_x$ . Målfunktionen får då formen:

$$F_V = \frac{1}{N_{cells}} \left( F_{cov} + \sum_n W_n^I W_n^V \frac{P_{max,n}^{CPICH} - P_n^{CPICH}}{1 - X_n} \right) \quad (10)$$

$$W_n^V = \begin{cases} 1, & \text{if } X_n < 1 \\ k_x & \text{otherwise} \end{cases}$$

#### 10 Beskrivning av optimeringssteget

Optimeringssteget, 230, består av en rad delmoment. Den här föreslagna metoden för optimering, genetisk algoritm är känd men har modifierats för det aktuella problemet, och modifieringarna beskrivs nedan. För en fullständig beskrivning av hänvisas till "A Genetic Algorithm for Function Optimization: A Matlab Implementation", av C. Houck, J. Joines och M. Kay, ACM Transactions on Mathematical Software, 1996.

- 20 Anpassningen av den genetiska algoritmen för att användas för pilotplaneringsproblemet består i implementeringen av en *mutation* och en *crossover*, samt valet av individ. En individ blir mängden av pilotuteffekter för alla celler,  $\{P_n^{CPICH}, \forall n \leq N\}$ . Mutationen är en funktion som avbildar en individ på en ny individ, d.v.s. skapar en ny individ utifrån en gammal. Följande procedur används:

1. Välj slumpmässigt ut  $K$  stycken olika celler. ( $K$  är en fri parameter).

2. För dessa  $K$  celler modifieras pilotuteffekterna slumpmässigt (var och en olika) enligt

$$P_{n,ny}^{CPICH} = P_{n,gammel}^{CPICH} + STEP \times (2 \times rand - 1) \text{ [dBm]}$$

5  $rand \in Uniform(0,1)$

STEP sätts av användaren och  $rand$  är ett likformigt fördelat slumpstal.

Crossover funktionen avbildar två (föräldra-) individer på två nya (barn) individer. Den fungerar enligt följande:

10 1. Välj ett tal slumpmässigt mellan 1 och  $N$ . Kalla detta tal  $z$ .

2. Byt piloteffekten för cell nummer  $z$  mellan de två föräldraindividerna. På detta vis skapas två barnindivider.

Den genetiska algoritmen modifierar i varje steg uppsättningen av individer (kallad population) med hjälp av funktionerna

15 mutation och crossover. Därefter appliceras en urvalsprocess på populationen, som på grundval av målfunktionsvärdet, beräknat enligt ekvation (1), steg 225, väljer ut vilka individer som ska få gå vidare till nästa steg.

Urvalsprocessen är en rangordnande funktion baserad på den

20 normaliserade geometriska fördelningen, vilket är en standardurvalsprocess för den genetiska algoritmen (se )

Optimeringssteget har här exemplifierats med en genetisk algoritm, vilket är en föredragen utföringsform av

uppfinningen. Fackman torde dock inse att ett flertal andra

25 optimeringsalgoritmer, som till exempel simulerad annealing

eller evolutionsalgoritmer, liksom simuleringsmetoder av Monte Carlo-typ, kan utnyttja fördelarna med den föreslagna

målfunktionen  $F_{III}$ .



Test och verifiering av målfunktion och optimeringsalgoritm

För att verifiera tillämpligheten av de här beskrivna utföringsformerna av föreliggande uppfinning, redovisas här ett testscenario bestående av 16 celler. Cellerna utgör ett hexagonalt rutnät med ett avstånd mellan baststationerna på ungefär 346m, vilket ger ett längsta avstånd från baststation till cellgräns på 200m. Nätet uppdelades i ett rektangulärt rutnät, med 20x20 m stora rutor, vilket gav 5329 rutpunkter. Trafiken antogs bestå av enbart tal, med en bithastighet, R, om 12200 bits/s och ett signal/brus-mål (Eb/No) om 7.9 dB. Trafiklasten antogs vara fördelade till tre huvudområden (hotspots) med jämn lastfördelning däremellan. Två olika trafiklaster, en låg och en hög testades. Vidare användes värden enligt tabell 1 för att efterlikna en stadsmiljö.

15      **Tabell 1, parametrar för testscenario**

Parameter	Värde
Förluster i kabel&kontackter	3 dB
Cell radie	200 m
Terminalens antennhöjd	1.7 m
Antennhöjd	25 m
Max uteffekt (Node B)	43 dBm
Frekvens	2140 MHz
Skuggfädnings std.	7 dB
Skuggfädnings site korrelation	0.5
Skuggfädnings korrelationsavstånd	110 m
Ortogonalitetsfaktor ( $\alpha$ )	0.5

Optimeringen utfördes för de olika målfunktionerna i 2000 steg (generationer). Viktfaktorerna hade valts enligt tabell 2. Som referens användes ett nät där alla CPICH-uteffekter satts lika. Resultatet efter 2000 generationer presenteras i tabell 3.

**Tabell 2. Viktfaktorer**

Målfunktion	$k_{cov}$	$k_w$	$k_x$	$P_{target}$	$P_{ivl}$
1	$1 \cdot 10^6$	1000		95%	-85.2 dBm
2	$1 \cdot 10^6$	1000		95%	-85.2 dBm
3	$1 \cdot 10^9$	1000	-	95%	-85.2 dBm
4	$1 \cdot 10^6$	-	-	95%	-85.2 dBm
5	$1 \cdot 10^6$	1000	$1 \cdot 10^6$	95%	-85.2 dBm

**Tabell 3. Resultat**

Målfunktion	Slutlig målfunktion låg/hög last	CPICH täckning låg/hög last	Medel CPICH-uteffekt [dBm] låg/hög last	Medel total uteffekt [dBm] låg/hög last	CPU tid [s] låg/hög last
referens	-	95,01%	37 / 37	39,9 / 41,5	-
1	58,61 / 58,61	95,08%	37,7 / 37,7	41,8 / 48	393 / 350
2	16364 / 16364	95,01%	35,5 / 35,5	38,7 / 40,6	390 / 358
3	63,44 / 45,74	95,01%	35,5 / 35,9	38,6 / 40,3	3924 / 3802
4	60,21 / 39,66	95,01%	35,5 / 35,6	38,7 / 40,7	4205 / 4052
5	16035 / 15472	95,01%	35,6 / 35,5	38,7 / 40,5	666 / 646

5 Vid inspektion av tabell 3 framgår att de här föreslagna målfunktionerna i kombination med optimeringsstegen, ger en förbättring avseende både medeluteffekten för pilotkanalerna (CPICH) och medeltotaluteffekten, med rimlig processtid (CPU-tid).

10 Målfunktionerna och optimeringsalgoritmen har här använts för att optimera pilotkanalseffekterna. Bastationernas placering har i denna analys antagits vara fixa. Den här beskrivna

metoden kan även användas för att optimera basstationernas placering. Då används företrädesvis målfunktion 1,  $F_1$ , eller liknande målfunktion.

Syftet med föreliggande uppfinning är att optimera  
5 pilotplaneringen i ett CDMA-baserat cellulärt nätverk för mobiltelefoni, här exemplifierat med W-CDMA cellulärt nät enligt UMTS-specifikationerna. Uppfinningen torde kunna utnyttjas, med smärre modifieringar i CDMA-nät enligt IS-95, och de vidareutvecklingar av CDMA enligt IS-95 som är under  
10 utvecklande. Som fackmannen inser kan likartade metoder vara användbara för även annan optimering av cellulära radionät, men kräver att målfunktionerna omdefinieras för att beskriva det aktuella optimeringsbehovet. Optimeringar där metoden enligt föreliggande uppfinning kan utnyttjas kan exempelvis  
15 vara frekvensplanering i GSM-nät, basstationsuteffekt i GSM- eller TDMA-nät mm.

Metoden tillämpas enklast i form av en programvaruprodukt, där definieringen av målfunktion och inmatning av nödvändiga parametrar för att beskriva aktuellt radionät kan utgöra en  
20 modul och optimeringsalgoritmerna en annan. Genom en moduluppbyggnad kan till exempel byte av optimeringsalgoritm lätt genomföras. Mjukvaran kan lagras i och exekveras på en dator, företrädesvis en PC, arbetsstation, eller om hög beräkningskapacitet behövs, en speciellt dedicerad dator.  
25 Datorn är lämpligen i förbindelse med mobiltelefonisystemet för enkel överföring av erhållna CPICH-värden till basstationerna, företrädesvis förmedlat via RNC:n. Om pilotkanalernas uteffekter ska hanteras dynamiskt, bör programvaruprodukten implementeras så att information snabbt  
30 kan förmedlas mellan datorn som utför optimeringen och radionätets styrfunktioner. Programvaruprodukten kan förmedlas och/eller saluföras till exempel lagrade på ett

datalagringsmedium såsom diskett, CD, DVD eller överförs till exempel via Internet.

- De ovan beskrivna utföringsformerna kan på många sätt modifieras och varieras inom ramen för uppfinningens grundtanke. Sådana variationer och modifikationer avses vara inom ramen för uppfinningen såsom den definieras av de bifogade kraven.
- 5

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10

## Patentkrav

1. Metod för att i ett cellulärt radionät konfigurera pilotkanalers uteffekt, radionät innefattande ett flertal celler och till varje cell en associerad basstation och en pilotkanal, innefattande stegen:

indelning av radionätet, eller del av radionätet i delområden,

uppskattning av radiosignalens dämpning ( $\lambda_p^n$ ) för alla eller bestämda kombinationer av delområden och celler,

uppskattning av trafiktyp och trafiklast inom varje delområde,

beräkning av en målfunktion för att erhålla ett måtetal avseende radionätets eller delen av radionätets kvalitet utifrån en konfiguration av pilotkanalsuteffekter,

optimering med syfte att konfigurera pilotkanalers uteffektsvärden så att målfunktionens måtetal maximeras,

**kännetecknad av**

att indelningen av radionätet, eller del av radionätet utför så att i varje delområde förväntas signalstyrkan från cellernas pilotkanaler vara väsentligen konstant och inom varje delområden förväntas trafiklasten vara väsentligen konstant, och

att målfunktionen innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term.

2. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att täckningstermen bestraffar, med en till täckningen relaterad viktsfaktor ( $k_{cov}$ ), förslagna konfigurationer vilka ej uppfyller täckningskravet.

5 3. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att kapacitetstermen väsentligen beskriver ett medelvärde av kvarvarande effektmarginal i cellerna, och om någon cell överskrider sin maximala uteffekt bestraffas föreslagna konfiguration med en till kapaciteten relaterad viktsfaktor ( $k_w$ ).

10 4. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att optimeringssteget innefattar en optimeringsalgoritm innefattande slumpvis variation av utvalda pilotkanalers uteffekt och en urvalsprocess för att välja de pilotkanalernas uteffektsvärden vilka maximerar målfunktionens mätetal.

15 5. Metod enligt krav 1 **kännetecknad av** att optimeringssteget utgörs av en genetisk algoritm.

6. Metod enligt krav 3 **kännetecknad av** att målfunktionen ( $F_{III}$ ) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_{III} = \frac{100}{\sum_n P_{\max,n}} \left( F_{cov} + \sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT}) \right)$$

20 där  $F_{cov}$ , är den täckningsrelaterade termen, summan  $\sum_n W_n^{III} (P_{\max,n} - P_n^{TOT})$  är den kapacitetsrelaterade termen,

$$W_n^{III} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{TOT} \leq P_{\max,n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{och} \quad F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{cov} \geq p_{target} \\ 100(p_{cov} - p_{target})k_{cov} & \end{cases}$$

där  $P_n^{TOT}$  är de totala uteffekterna,  $P_{n,\max}$  är varje basstations maximalt tillgängliga effekt,  $p_{cov}$  är en förmodad ytsannolikhet och  $p_{target}$  är den önskade ytsannolikheten.

25 7. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att kapacitetstermen väsentligen beräknas utgående från lastmarginalen per

cell och att målfunktionens kapacitetstermen väsentligen beskriver medellastmarginalen.

8. Metod enligt krav 7 **kännetecknad av** att målfunktionen ( $F_{IV}$ ) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_{IV} = \frac{100}{N_{cells}} \left( F_{cov} + \sum_n (1 - X_n) \left( 1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right) \right)$$

där  $F_{cov}$ , är den täckningsrelaterade termen, summan

$\sum_n (1 - X_n) \left( 1 - \frac{P_n^{TOT}}{P_{max,n}} \right)$  är den kapacitetsrelaterade termen,

$$F_{cov} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{cov} \geq p_{target} \\ 100(p_{cov} - p_{target})k_{cov} & \end{cases}$$

där  $X_n$  är aktuell last per cell,  $P_n^{TOT}$  är de totala uteffekterna,  $P_{n,max}$  är varje basstations maximalt tillgängliga effekt,  $p_{cov}$  är en förmodad ytsannolikhet och  $p_{target}$  är den önskade ytsannolikheten.

9. Metod enligt krav 2 **kännetecknad av** att målfunktionens kapacitetstermen viktas med en lastbeskrivande faktor och att celler som uppvisar en trafiklast överstigande ett fördefinierat värde bestraffas med en till cellens trafiklast relaterad viktsfaktor ( $k_x$ ).

10. Metod enligt krav 7 **kännetecknad** av att målfunktionen ( $F_v$ ) väsentligen kan beskrivas enligt

$$F_v = \frac{1}{N_{\text{cells}}} \left( F_{\text{cov}} + \sum_n W_n' W_n^v \frac{P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}} - P_n^{\text{CPICH}}}{1 - X_n} \right)$$

där  $F_{\text{cov}}$ , är den täckningsrelaterade termen, summan

- 5  $\sum_n W_n' W_n^v \frac{P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}} - P_n^{\text{CPICH}}}{1 - X_n}$  är den kapacitetsrelaterade termen,

$$F_{\text{cov}} = \begin{cases} 0, & \text{if } p_{\text{cov}} \geq p_{\text{target}} \\ 100(p_{\text{cov}} - p_{\text{target}})k_{\text{cov}}, & \end{cases}$$

$$W_n^{\text{III}} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_n^{\text{TOT}} \leq P_{\text{max},n} \\ k_w & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$W_n^v = \begin{cases} 1, & \text{if } X_n < 1 \\ k_x & \text{otherwise} \end{cases}$$

där  $P_n^{\text{CPICH}}$  är pilotkanalernas uteffekt per cell  $n$ ,

- 10  $P_{\text{max},n}^{\text{CPICH}}$  är pilotkanalernas maximalt tillåtna uteffekt per cell,  $X_n$  är aktuell last per cell,  $P_n^{\text{TOT}}$  är de totala uteffekterna,  $P_{n,\text{max}}$  är varje basstations maximalt tillgängliga effekt,  $p_{\text{cov}}$  är en förmodad ytsannolikhet och  $p_{\text{target}}$  är den önskade ytsannolikheten.

- 15 11. Programvaruprodukt direkt laddbar till ett interminne i en processor i en dator avsedd att användas för pilotkanalskonfigurering, programvaruprodukten innefattande mjukvarukod för utförande av stegen i vilket som helst av kraven 1-10.

- 20 12. Programvaruprodukt lagrad på ett för datorer användbart lagringsmedium, innefattande ett eller flera program för att åstadkomma en process i en dator avsedd att användas för pilotkanalskonfigurering, för att kontrollera utförandet av stegen i vilket som helst av kraven 1-10.

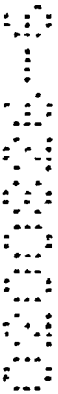
- 25 13. Radionät för mobil kommunikation i vilket metoden enligt något av kraven 1-10 är implementerad.



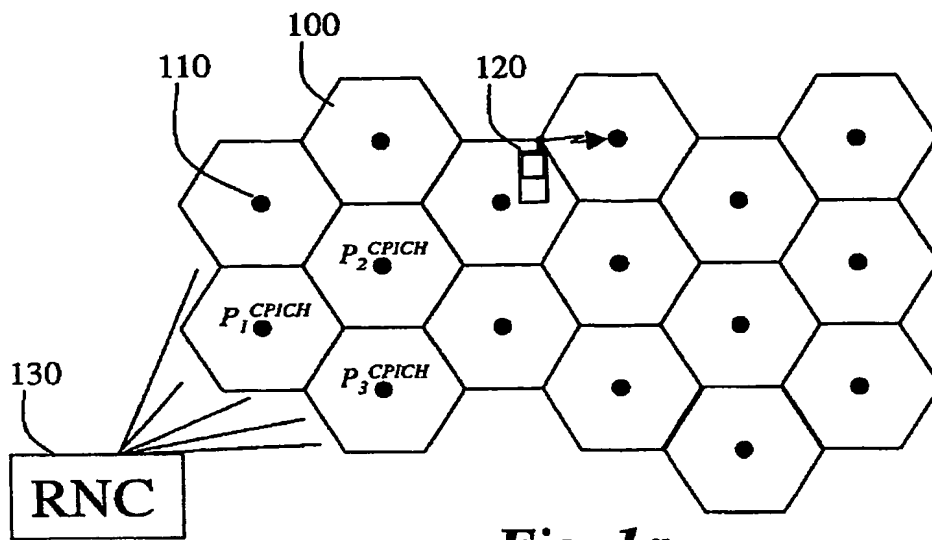
**SAMMANDRAG**

Föreliggande uppfinning avser en metod och en programvaruprodukt vid ett mobilt tele- och datakommunikationssystem. Mer specifikt avser metoden att möjliggöra en effektiv pilotkanalsplanering i ett CDMA-baserat cellulärt radionät och innefattar stegen: indelning av radionätet i delområden, uppskattning av radiosignalens dämpning till delområden, beräkning av en målfunktion för att erhålla ett måttetal avseende radionätets eller delen av radionätets kvalitet utifrån en konfiguration av pilotkanalsuteffekter där målfunktionen innefattar en täckningsrelaterad term och en kapacitetsrelaterad term och optimering med syfte att konfigurera pilotkanalerna uteffektsvärden så att målfunktionens måttetal maximeras.

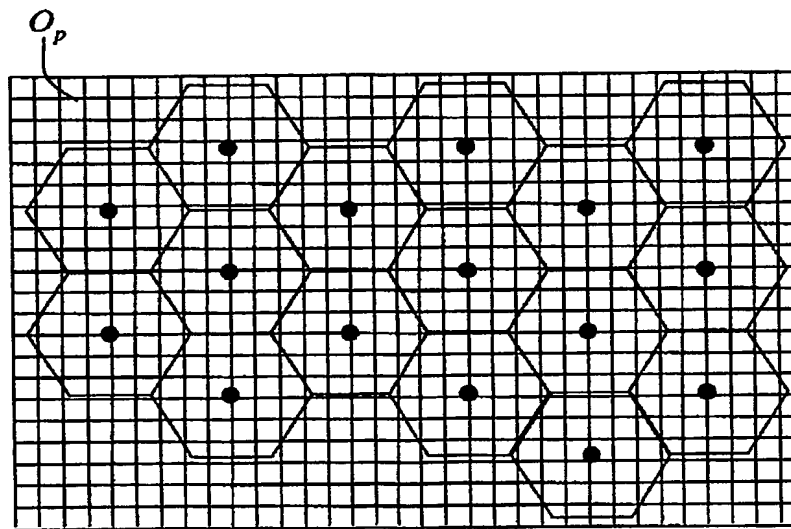
Figur 2 till publicering



1/2

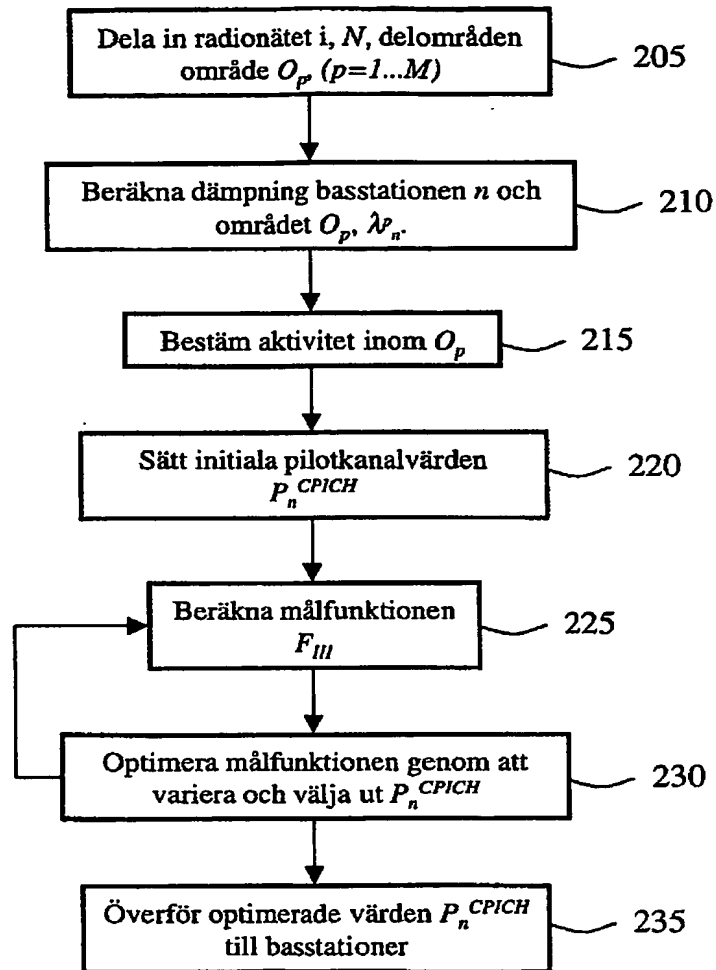


**Fig. 1a**



**Fig. 1b**

2/2

**Fig. 2**